

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-183320

(43)Date of publication of application : 09.07.1999.

(51)Int.Cl.

G01M 11/00

G01J 4/00

G01N 21/01

G01N 21/47

G01N 21/59

(21)Application number : 09-347769

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 17.12.1997

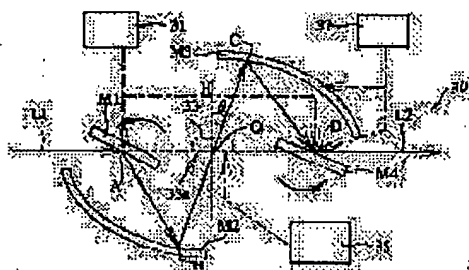
(72)Inventor : HIRAYAMA GIICHI

(54) OPTICAL CHARACTERISTIC MEASURING UNIT, TRANSMISSION CHARACTERISTIC MEASURING DEVICE, REFLECTION CHARACTERISTIC MEASURING DEVICE, ELLIPSOMETER, TRANSMISSION CHARACTERISTIC MEASURING METHOD, AND REFLECTION CHARACTERISTIC MEASURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure a transmission factor more simply than before while optionally changing an incidence angle.

SOLUTION: First through fourth reflecting surfaces M1-M4 are arranged so that an optical path through them is made an N-shape, and the incident light fed to M1 and the outgoing light from M4 are made coaxial. The intersection of the line segment connecting the incidence point A and outgoing point D of the incident light and the orbit of the light proceeding from M2 to M3 is made an optical system center O. M2 is formed with a first spheroid using the optical system center O and the incidence point A as focal points. M3 is formed with a second spheroid using the optical system center O and the outgoing point D as focal points. A reflecting surface rotating device 31 interlockingly rotating M1, M4 centering on the axes perpendicular to the plane including the N-shaped optical path at the layout positions A, D of M1, M4 is provided. An object moving device 35 take-in/out a measured object 33 is provided at the prescribed position between M2, M3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.12.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3075243

[Date of registration]

09.06.2000

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-183320

(43)公開日 平成11年(1999) 7月9日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
G 0 1 M 11/00		G 0 1 M 11/00	T
G 0 1 J 4/00		G 0 1 J 4/00	
G 0 1 N 21/01		G 0 1 N 21/01	B
21/47		21/47	Z
21/59		21/59	Z
審査請求 有 請求項の数12 O L (全 17 頁)			

(21)出願番号 特願平9-347769

(22)出願日 平成9年(1997)12月17日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 平山 義一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

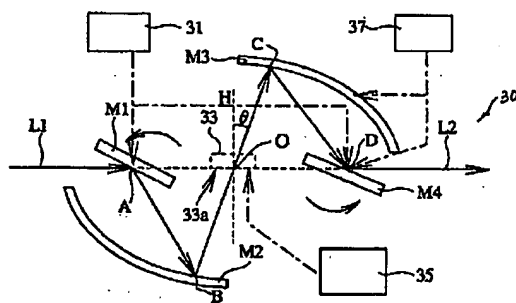
(74)代理人 弁理士 大垣 孝

(54)【発明の名称】 光学特性測定ユニット、透過特性測定装置、反射特性測定装置、エリプソメータ、透過特性測定方法および反射特性測定方法

(57)【要約】

【課題】 入射角を任意に変えながら透過率等を従来に比べて簡易に測定する。

【解決手段】 第1～第4の反射面M1～M4を、これらを経る光路がN字状となるようにかつM1に入射される入射光とM4から出射される出射光とが同軸となるように、配置する。入射光の入射点Aおよび出射点Dを結ぶ線分と、M2からM3に進む光線の軌道との交点を光学系中心Oとする。M2を光学系中心Oと入射点Aとを焦点とする第1の回転楕円面により構成する。M3を光学系中心Oと出射点Dとを焦点とする第2の回転楕円面により構成する。M1およびM4の配置位置A、D各々で、前記N字状の光路を含む平面に直交する軸をそれぞれ中心として、M1およびM4を運動させて回転する反射面回転装置31を具える。M2およびM3間の所定位置に被測定物33を入れ出しする物体移動装置35を具える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射光を順に反射する第1～第4の反射面と、

前記第1の反射面および前記第4の反射面を回転させる反射面回転装置と、

被測定物を前記第2の反射面および第3の反射面間に入れ出しする物体移動装置とを具え、

前記第1～第4の反射面を、前記第1～第4の反射面を経る光路がN字状となるように、かつ、前記第1の反射面に入射される入射光と前記第4の反射面から出射される出射光とが同軸となるように、配置してあり、

前記第1および第4の反射面それぞれを、前記N字状の光路を含む平面に対して垂直に配置した反射面としてあり、

前記入射光の前記第1の反射面での入射点および前記第4の反射面での出射点を結ぶ線分と、前記第2の反射面から前記第3の反射面に進む光線の軌道との交点を、光学系中心と定義したとき、前記第2の反射面を、前記光学系中心と前記第1の反射面での前記入射光の入射点とを焦点とする第1の回転楕円面により構成してあり、

前記第3の反射面を、前記光学系中心と前記第4の反射面での前記出射光の出射点とを焦点とする第2の回転楕円面により構成してあり、

前記反射面回転装置を、前記第1および第4の反射面の配置位置各々で前記N字状の光路を含む平面に直交する軸をそれぞれ中心として、前記第1および第4の反射面を連動させて回転する装置としてあり、

前記物体移動装置を、前記被測定物の被測定面が前記光学系中心を含む位置になるように前記被測定物を前記第2および第3の反射面間に挿入する挿入状態と、挿入しない非挿入状態とを選択的に形成する装置としてあることを特徴とする光学特性測定ユニット。

【請求項2】 請求項1に記載の光学特性測定ユニットにおいて、

前記第2および第3の反射面それぞれを、前記回転楕円面で構成する代わりに、前記N字状の光路を含む平面に垂直な方向に曲率を持たない楕円円筒面、または、前記回転楕円面に近似な形状を持つ球面、または、前記回転楕円面に近似な形状を持つ円筒面で構成してあることを特徴とする光学特性測定ユニット。

【請求項3】 入射光を順に反射する第1～第4の反射面と、

前記第1の反射面および前記第4の反射面を回転させる反射面回転装置と、

被測定物を前記第2の反射面および第3の反射面間に入れ出しする物体移動装置とを具え、

前記第1～第4の反射面を、前記第1～第4の反射面を経る光路がN字状となるように、かつ、前記第1の反射面に入射される入射光と前記第4の反射面から出射される出射光とが同軸となるように、配置してあり、

前記入射光の前記第1の反射面での入射点および前記第4の反射面での出射点を結ぶ線分と、前記第2の反射面から前記第3の反射面に進む光線の軌道との交点を、光学系中心と定義したとき、前記第2の反射面を、前記光学系中心と前記第1の反射面での前記入射光の入射点とを焦点とする第1の回転楕円面により構成してあり、前記第3の反射面を、前記光学系中心と前記第4の反射面での前記出射光の出射点とを焦点とする第2の回転楕円面により構成してあり、

前記反射面回転装置を、前記入射点および前記出射点を結ぶ前記線分を回転軸として前記第1および第4の反射面を連動させて回転する反射面回転装置としてあり、

前記物体移動装置を、前記被測定物の被測定面が前記光学系中心を含む位置になるように前記被測定物を前記第2および第3の反射面間に挿入する挿入状態と、挿入しない非挿入状態とを選択的に形成する装置としてあることを特徴とする光学特性測定ユニット。

【請求項4】 請求項3に記載の光学特性測定ユニットにおいて、

前記第2および第3の反射面それぞれを、前記回転楕円面で構成する代わりに、前記入射点および出射点を結ぶ線分に沿う方向に曲率を持たない円筒面で構成してあることを特徴とする光学特性測定ユニット。

【請求項5】 請求項1～4のいずれか1項に記載の光学特性測定ユニットを含むことを特徴とする透過特性測定装置。

【請求項6】 請求項1～4のいずれか1項に記載の光学特性測定ユニットの前記物体移動装置により前記非挿入状態を形成した状態で、前記反射面回転装置により前記第1および第4の反射面を回転させながら前記出射光強度を測定する第1の処理と、前記物体移動装置により前記挿入状態を形成した状態で、前記反射面回転装置により前記第1および第4の反射面を回転させながら前記出射光強度を測定する第2の処理と、

前記第1の処理および第2の処理それぞれで測定した前記出射光強度に基づいて前記被測定物の透過率及び又は透過における光の位相変化を測定する第3の処理とを含むことを特徴とする透過特性測定方法（ただし、第1の処理と第2の処理との順番は任意である。）。

【請求項7】 請求項1～4のいずれか1項に記載の光学特性測定ユニットにおいて、

前記第3の反射面および前記第4の反射面を、前記N字状のための配置にするN状態と、該N状態に対して前記線分を回転軸として180度回転させた配置にする非N状態とを選択的に形成する反射面移動装置をさらに具えたことを特徴とする光学特性測定ユニット。

【請求項8】 請求項7に記載の光学特性測定ユニットにおいて、

前記反射面移動装置の代わりに、前記第4の反射面のみ

を前記N状態および非N状態に選択的に変化させる反射面移動装置を具え、

前記第3の反射面が前記非N状態にされた場合に相当する位置に、第3の反射面相当の第5の反射面を具えることを特徴とする光学特性測定ユニット。

【請求項9】 請求項7または8に記載の光学特性測定ユニットを含むことを特徴とする反射特性測定装置。

【請求項10】 請求項7または8に記載の光学特性測定ユニットを含むことを特徴とするエリプソメータ。

【請求項11】 請求項7または8に記載の光学特性測定ユニットの前記物体移動装置により前記非挿入状態を形成し、かつ、前記反射面移動装置により前記N状態を形成した状態で、前記反射面回転装置により前記第1および第4の反射面を回転させながら前記出射光強度を測定する第1の処理と、

前記物体移動装置により前記挿入状態を形成し、かつ、前記反射面移動装置により前記非N状態を形成した状態で、前記反射面回転装置により前記第1および第4の反射面を回転させながら前記出射光強度を測定する第2の処理と、

前記第1の処理および第2の処理それぞれで測定した前記出射光強度に基づいて前記物体の反射率及び又は反射における光の位相変化を測定する第3の処理とを含むことを特徴とする反射特性測定方法（ただし、第1の処理と第2の処理との順番は任意である。）。

【請求項12】 請求項7または8に記載の光学特性測定ユニットの前記物体移動装置により、基準物を前記挿入状態とし、かつ、前記反射面移動装置により前記非N状態を形成した状態で、前記反射面回転装置により前記第1および第4の反射面を回転させながら前記出射光強度を測定する第1の処理と、

前記物体移動装置により、被測定物を前記挿入状態とし、かつ、前記反射面移動装置により前記非N状態を形成した状態で、前記反射面回転装置により前記第1および第4の反射面を回転させながら前記出射光強度を測定する第2の処理と、

前記第1の処理および第2の処理それぞれで測定した前記出射光強度に基づいて前記物体の反射率及び又は反射における光の位相変化を測定する第3の処理とを含むことを特徴とする反射特性測定方法（ただし、第1の処理と第2の処理との順番は任意である。）。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光学素子の光学特性を測定するために好適な光学特性測定ユニットと、このユニットを利用した光学特性測定装置と、このユニットを使用した光学特性の測定方法とに関する。なお、ここでいう、光学特性とは、例えば、透過率、反射率、および、透過または反射における光の位相変化から選ばれる特性をいう。

【0002】

【従来の技術】光学素子の光学特性の典型例として、透過率や反射率がある。また、透過率や反射率には、予め値付けされている基準物に対する相対値で表される相対透過率や相対反射率と、当該素子自体から求める絶対透過率や絶対反射率がある。また、透過率や反射率の、波長による変化は、それぞれ、分光透過率および分光反射率と呼ばれている。

【0003】透過率や反射率を測定する場合、最も一般的には、上記の分光透過率や分光反射率が測定される。また、透過率や反射率を測定する場合、光の入射角の変化に対する透過率や反射率の測定も、しばしば行われる。

【0004】また、光学素子の光学特性の他の例として、光学素子を構成する部材の屈折率や、薄膜の光学定数がある。これら屈折率や光学定数は、通常は、被測定物を光が透過することによる光の位相変化（以下、「透過における光の位相変化」という）の入射角依存性、または、被測定物により光が反射されることによる光の位相の変化（以下、「反射における光の位相変化」という）の入射角依存性を測定し、この測定結果を解析することを得られる。

【0005】透過率や反射率の測定は、通常は、市販の分光光度計とこれに付属する専用の光学系とを用いて行われる。また、透過や反射における光の位相変化は、通常は、エリプソメータを用いて行われる。以下それらの従来例について説明する。

【0006】光学素子の透過率を、分光光度計を用いてかつ光の入射角依存性をも考慮して測定する従来の装置として、以下のような装置があった。図18は、その説明図である。ただし、分光光度計の詳細（モノクロメータ部や受光部等）の図示は省略してある。

【0007】この従来装置では、被測定物11が、ゴニオメータ13に固定される。被測定物11は、ゴニオメータ13により所定の角度に回転される。そのため、被測定物11を透過した光量（被検光量）を、入射角θを変えながら測定できる。また、測定系に被測定物11を設置しない状態での光量（基準光量）を測定する。これら被検光量および基準光量から、透過率の入射角依存性を測定できる。

【0008】また、光学素子の絶対反射率を測定する従来装置として、例えば日本工業規格（JISK0115-1992）に規定されているVN法と称される方法を利用した装置がある。図19（A）および（B）は、その説明図である。

【0009】このVN法では、3枚のミラーM1～M3が用いられる。そして、第1の状態として、光路がV字状になるように、これらミラーM1～M3が配置される（図19（A））。そしてこの光学系から出力される光量（基準光量）が受光部（図示せず）で測定される。こ

の基準光量は、 $I_r = I_o \times R_1 \times R_2 \times R_3$ で表される。ただし、 I_o は入射光量、 $R_1 \sim R_3$ は、ミラーM1～M3それぞれの反射率である。

【0010】次に、図19(B)に示したように、被測定物11が光路に挿入される。ただし、これらミラーM1～M3及び被測定物11によりN字状の光路が形成されるように、ミラーM2、M3が移動又は回転される。そして、この光学系から出力される光量(被検光量)が受光部で測定される。この被検光量は、 $I_s = I_o \times R_1 \times R_2 \times R_3 \times R_s$ で表される。ただし、 R_s は被測定物11の被検面の絶対反射率である。

【0011】被検光量は基準光量に被検面の絶対反射率が積算された量であるので、被検面の絶対反射率 R_s は、 $R_s = I_s / I_r$ により求まる。

【0012】なお、通常、上記の透過率測定や反射率測定を行う場合、ダブルビーム方式を採用することで、測定精度の向上を図っている。すなわち、光源の光を被測定物を含む経路を進む光と、他の経路を進んで受光部に向かう光とに分ける。そして、この他の経路を経ている光を監視して、光源の強度変動等の情報を得る。こうして得た情報により被測定物の測定結果を補正して、測定精度の向上を図っている。

【0013】また、相対反射率を測定する従来装置として以下のような装置がある。図20(A)および(B)はその説明図である。

【0014】この装置の場合、ミラーM1、M2がハの字状に配置されている。ただし、ミラーM1、M2は、それぞれの反射面が他方のミラー側ではなく反対向きとなるように、配置されている。ハの字状のミラーM1、M2の上方に、基準物15(図20(A)参照)または被測定物11(図20(B)参照)が置かれる。測定光はミラーM1に入射された後、基準物15(または被測定物11)およびミラーM2を経て受光部(図示せず)に至る。ハの字の上方に基準物15を置いたときの光量 I_r と、被測定物11を置いた時の光量 I_s とをそれぞれ測定する。相対反射率は、前記絶対反射率と同様、 $R_s = I_s / I_r$ により求まる。

【0015】また、エリプソメータを用いて偏光解析を行う場合は、任意の角度で被測定物に光を照射してこのときの反射光を受光する必要があるため、通常、以下の様な構成がとられる。図21はその説明図である。

【0016】被測定物11はゴニオステージ17上に置かれる。光源部19は、その位置が変わらないよう固定されている。この光源部19は、例えば、光源19a、波長フィルタ19b、集光光学系19cおよび偏光子19dで構成されている。受光部21は、ゴニオステージ17の回転に同期して同軸で回転するステージ23に固定されている。この受光部21は、例えば、検光子21a、集光光学系21bおよび受光素子21cで構成されている。被測定物11の被検面11aへの入射角は、ゴ

ニオステージ17を回転させることで変わる。また、この入射角を θ としたとき、受光部21が固定されているステージ23は 2θ 回転して、被測定物11からの光を受ける構造となっている。そのため、入射角を変えての測光が行える。

【0017】エリプソメータを用いて測定した情報から、光の位相変化を算出するには、偏光解析特有の計算理論と方法とが用いられる。これは、例えば文献1(光学的測定ハンドブック、田幸 敏治監修、朝倉書店)に記載されているが、本願の説明に直接関係がないので、ここではその説明を省略する。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】光学特性測定装置として、従来は上記のような装置があったが、これらでは、以下のような問題点があった。

【0019】まず、図19を用いて説明した絶対反射率測定装置の場合、入射角を変化させて反射率を測定することができない。それを実現するためには、入射角ごとに、VN光学系をそれぞれ用意する必要がある。また、入射角を違ったVN光学系を用意したとしても、予め予定した離散的な入射角についての測定しか出来ない。すなわち、任意の入射角での反射率測定および、連続的に入射角を変えての反射率測定はできない。

【0020】また、図20を用いて説明した相対反射率測定装置の場合も、入射角を変化させて反射率を測定することができない。それを実現するためには、入射角ごとにハの字状の光学系をそれぞれ用意する必要がある。また、入射角を違ったハの字状の光学系を用意したとしても、予め予定した離散的な入射角についての測定しか出来ない。すなわち、任意の入射角での反射率測定および、連続的に入射角を変えての反射率測定はできない。

【0021】また、図19を用いて説明した装置および図20を用いて説明した装置いずれの場合も、入射角を変えての測定を行おうとすることに、VN光学系またはハの字状の光学系を交換し、かつ、交換した光学系の調整をする必要がある。また、光学系を交換するため、その都度、厳密には、光路差、収差、焦点距離、光量などの光学的特性が変わってしまうという問題も生じる。

【0022】また、エリプソメータを用いる場合、被測定物を移動させつつ受光部を移動させる構造が必要のため、機械的な原因による測定の不安定さが生じる。また、受光部が異なる位置に移動されるため、例えば磁界分布の影響を受けるので、測定精度を高めにくい。また、構造上、装置の設置面積も大きくなる。

【0023】また、エリプソメータは基本的にダブルビーム測光を行えない。したがって、測定中の光源の強度変動や偏光の変動を補償できない。そのため、測定精度を高めにくい。

【0024】この発明はこのような点に鑑みなされたものであり、従ってこの発明の目的は、光学系の光学的特

性や受光部の位置を変えずに、入射角を任意に変えながら透過率、反射率、および透過や反射における光の位相変化の少なくとも1つを従来に比べて簡易に測定できる光学特性測定ユニットを提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】(a)そこで、この発明の光学特性測定ユニットは、以下のような構成を具える。その説明を図1を参照して行う。なお、この図1は、この発明の光学特性測定ユニット30の基本的な構成を示した図である。

【0026】この光学特性測定ユニット30は、入射光を順に反射する第1～第4の反射面M1～M4と、第1の反射面M1および第4の反射面M4を回転させる反射面回転装置31と、被測定物33（基準物の場合も含む）を第2の反射面M2および第3の反射面M3間に入れ出しする物体移動装置35とを具える。さらに、反射面移動装置37（詳細は後述する）を具える。

【0027】そして、第1～第4の反射面M1～M4を、これら反射面M1～M4を経る光路がN字状となるように、かつ、第1の反射面M1に入射される入射光L1と第4の反射面M4から出射される出射光L2とが同軸となるように配置してある。ただし、N字状とは、略N字状の場合も含む。また、この図1の例では、図面の背面から見たときに光路がN字状となっている。

【0028】さらに、第1および第4の反射面M1、M4それぞれを、前記N字状の光路を含む平面に対して該反射面が垂直になるように配置してある。

【0029】さらに、入射光L1の第1の反射面M1での入射点Aおよび出射光L2の出射点Dを結ぶ線分と、第2の反射面M2から第3の反射面M3に進む光線の軌道BCとの交点を光学系中心Oと定義したとき、第2の反射面M2を、この光学系中心Oと第1の反射面での入射光L1の入射点Aとを焦点とする第1の回転楕円面により、構成してある。

【0030】さらに、第3の反射面M3を、光学系中心Oと出射光L2の出射点Dとを焦点とする第2の回転楕円面により、構成してある。

【0031】さらに、反射面回転装置31を、第1および第4の反射面M1、M4の配置位置各々（具体的には図1中のA点、D点各々）で、前記N字状の光路を含む平面に垂直な軸（図1の紙面と垂直な軸）を中心として、前記第1および第4の反射面を連動させて回転する装置としてある。

【0032】なお、第1および第4の反射面M1、M4それぞれの回転方向および回転量は、入射光L1と反射光L2とを同軸にできるように決める。したがって、両反射面M1、M4の回転方向は、同一方向の場合、反対方向の場合のいずれもあり得る。また、両反射面M1、M4の回転量は同じ場合も、異なる場合もあり得る。また、連動して回転とは、同期して回転する場合、そうで

ない場合いずれの場合もあり得る。ただし、典型的には、同期して回転する。

【0033】さらに、物体移動装置35を、被測定物33の被測定面33aが光学系中心Oを含む位置になるように被測定物33を第2および第3の反射面M2、M3間に挿入する挿入状態と、挿入しない非挿入状態とを選択的に形成する装置としてある。

【0034】(b)この発明の光学特性測定装置では、次のような作用が得られる。

【0035】入射点Aと出射点Dとを結ぶ線分ADに対して、光学系中心Oで直交する線分OHを、考える。この線分OHと、第2の反射面M2から第3の反射面M3に向かう光の軌道BCとのなす角度を θ とする。この発明では、被測定物33の被測定面33aが光学系中心Oを含む位置になるように、被測定物33を第2および第3の反射面間に挿入する第1の状態を形成できる。すると、この第1の状態では、この角度 θ は、被測定面33aへの光の入射角になる。

【0036】然も、この発明の装置では、第1の反射面M1を上記の所定の回転軸を中心に回転させることが出来、かつ、第2の反射面M2を所定の回転楕円面で構成してあるので、第1の反射面M1を回転することにより、被測定物に対する光の入射角 θ を任意に（連続的の場合も含む）変化させることができる。これについて、以下、詳細に説明する。

【0037】図2は、被測定物33を、第2および第3の反射面M2、M3間に上記の通り挿入した場合の、第1の反射面M1と、被測定物33と、回転楕円面で構成された第2の反射面M2とで構成される光学系を示した図である。ただし、第2の反射面M2として、ここでは、楕円モデルを考えている。すなわち、回転楕円面は、実際は、図2の楕円を図2のx軸を中心として必要な角度回転させた軌跡で形付けられる反射面であるが、ここでは、楕円のモデルを考えている。また、図2は図1の一部を天地を逆転させて表した図に相当する。

【0038】反射面回転装置31により第1の反射面M1を回転させた時の角度を ϕ とする。すると、この角度 ϕ と、被測定物33への光の入射角 θ とは、次のような関係になる。

【0039】被測定物33に入射する光と線分AOとのなす角度を ψ とすると、 $\psi = \pi/2 - \theta$ である。楕円M2の離心率をe、楕円M2の焦点の座標をそれぞれ $(-c, 0)$ 、 $(c, 0)$ とする。すると、 ϕ と ψ との正接は、それぞれ以下の(1)式および(2)式で表される。

【0040】

$$\tan \phi = y / (c + x) \quad \cdots (1)$$

$$\tan \psi = y / (c - x) \quad \cdots (2)$$

これら式から、x、yを ϕ 、 ψ を用いて表すと、それぞれ以下の(3)式および(4)式のようになる。

[0041]

$$x = c (\tan \phi - \tan \psi) / (\tan \phi + \tan \psi) \dots (3)$$

$$y = 2c (\tan \phi \tan \psi) / (\tan \phi + \tan \psi) \dots (4)$$

ここで、楕円の式とパラメータとを以下のようにおく。

[0042]

$$(x/a)^2 + (y/b)^2 = 1 \dots (5)$$

$$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2 \dots (6)$$

$$c^2 = a^2 - b^2 \dots (7)$$

$$\tan \psi = \{ (1 - e^2)^2 \tan \phi \pm \sqrt{2 \cdot e (1 - e^2) \tan^2 \phi} / (1 - e^2)^2 - 4 e^2 \tan \phi \} \dots (8)$$

この(8)式を、 $\tan \psi = \cot \phi$ の関係を用いて、

ϕ について解くことで次の式が得られる。

$$\theta = \arctan \{ (1 - e^2)^2 - 4 e^2 \tan \phi \} / \{ (1 - e^2)^2 \tan \phi \pm \sqrt{2 \cdot e (1 - e^2) \tan^2 \phi} \} \dots (9)$$

この(9)式から判るように、被測定面33aへの光の入射角 θ は、第1の反射面M1を回転させる角度 ϕ によって変化させることができる。然も、入射点A、光学系中心Oそれぞれが、楕円M2の焦点に位置するため、楕円の性質から ϕ を変化させても光学系中心Oは移動することがなく、かつ、光路ABOの長さも変化しない。このことは、第1の反射面M1を回転させたとしても、この光学系では、光路長、焦点距離、収差などが保存されることを意味する。したがって、光路長、焦点距離、収差などを変えることなく、入射角依存性を考慮した透過率、反射率等の光学特性を測定できる。

[0045]さらに、この発明の光学特性測定ユニットでは、第1の反射面M1および第4の反射面M4を連動させて移動できるので、次のような作用が得られる。この説明を図1を再び参照して行う。

[0046]第1の反射面M1を角度 ϕ 回転させると、既に説明した様に被測定物33の被測定面(光学系中心O)への光の入射角 θ は、上記の(9)式に従い変化する。この光学系中心Oを通過した光は、第3の反射面M3によって反射された後、第4の反射面M4に達する。この第4の反射面M4は、反射面回転装置31により、第1の反射面M1に連動させて任意の角度回転させることができる。そのため、入射光L1と、出射光L2とを同軸にすることができる。これは、受光部(図示せず)を、第4の反射面M4の後段でかつ線分ADの延長線上に固定して配置できることを意味する。

[0047]また、第1および第4の反射面M1、M4を回転させるのみで、入射角を変えての光学特性の測定が可能になる。したがって、従来装置で問題となっていた光学系の交換や、交換した光学系の調整は、本発明の装置では行わずに済む。

[0048]また、この発明の光学特性測定ユニットでは、物体移動装置35により、被測定物33の入れ出しができる。そのため、詳細は後述するが、透過率、反射率、透過・反射における光の位相変化などの各種の光学★

※(5)式に(3)式、(4)式を代入し、さらに、適宜(6)式、(7)式の関係を用いて $\tan \psi$ について解くと、以下の式が得られる。

[0043]

※[0044]

★特性を測定できる。

[0049](c)この発明の光学特性測定ユニット

は、例えば以下のように使用することで、被測定物の透過率及び又は、透過における位相変化を、入射角を変化させながら測定できる。図3(A)および(B)はその説明図である。

[0050]まず、物体移動装置35により、被測定物を光学系に挿入しない状態を形成する(図3(A))。そして、反射面回転装置31により第1および第4の反射面M1、M4を適正に回転させながら、出射光L2の強度を測定する。この処理を第1の処理とする。なお、両反射面M1、M4を適正に回転させながらとは、被測定物33への入射角を所望の通り変化できるように、第1の反射面M1を回転させ、かつ、入射光L1と出射光L2とが同軸となるように第4の反射面M4を回転させることをいう(以下、同様)。

[0051]次に、物体移動装置35により、被測定物33の被測定面33aが光学系中心Oを含む位置(以下、この位置を「所定位置」ともいう。)になるように、被測定物33を第2および第3の反射面M2、M3間に挿入した状態を形成する(図3(B))。そして、反射面回転装置31により第1および第4の反射面M1、M4を適正に回転させながら出射光L2の強度を測定する。この処理を第2の処理とする。

[0052]ただし、第1の処理と第2の処理とは、いずれを先に実施しても良い。

[0053]次に、これら第1の処理および第2の処理それぞれで測定した出射光強度に基づいて、前記物体の透過率及び又は透過における光の位相変化を測定する。

[0054]これについてさらに詳細に説明する。図3(A)に示した第1の処理で得られる入射角 θ に依存する出射光L2の光量を、 $I_r(\theta)$ とすると、 $I_r(\theta)$ は、次の式で表される。

[0055]

$$I_r(\theta) = I_o \times R_1(\theta) \times R_2(\theta) \times R_3(\theta) \times R_4(\theta) \dots$$

(10)

ただし、 I_0 は入射光量、 $R_1(\theta) \sim R_4(\theta)$ それぞれは、角度 θ での各反射面の反射率である。

【0056】また、図3(B)に示した第2の処理で得る

$$I_s(\theta) = I_0 \times R_1(\theta) \times R_2(\theta) \times R_3(\theta) \times R_4(\theta) \times R_s(\theta) \quad \dots (11)$$

ただし、 $R_s(\theta)$ は、角度 θ での被測定物33の透過率である。

【0058】第2の処理で測定される光量 $I_s(\theta)$ 中の、被測定物33に依存する成分(すなわち $R_s(\theta)$)以外の成分は、第1の処理で測定される成分と

$$T_s(\theta) = I_s(\theta) / I_r(\theta) \quad \dots (12)$$

また、透過における位相変化を求める場合は、先ず、上記の第1の処理での位相特性 $\phi_1(\theta)$ と、上記の第2の処理での位相特性 $\phi_2(\theta)$ とをそれぞれ求める。

【0060】これら位相特性 $\phi_1(\theta)$ 、 $\phi_2(\theta)$ は、例えば、以下の様にして測定出来る。

【0061】先ず、光源として例えば図21を用いて説明した光源部19、受光部として例えば図21を用いて説明した受光部21をそれぞれ用意する。この光源部19を、第1の反射面M1の前段に配置し、この受光部21を第4の反射面M4の後段に配置する。この光源部19からの光を、この発明の光学特性測定ユニット30に、入射光 L_1 として入射させる。そして、上記の第1の処理および第2の処理それぞれで受光部21で測定される光強度と、公知の偏光解析特有の計算理論とから、位相特性 $\phi_1(\theta)$ 、 $\phi_2(\theta)$ を算出する。これら算出した $\phi_1(\theta)$ および $\phi_2(\theta)$ を用いて、被測定物33についての透過における位相変化は、

$$\phi_s = \phi_2(\theta) - \phi_1(\theta) \quad \dots (13)$$

により求まる。

【0062】(d)また、この発明の光学特性測定ユニット30の発明を実施するに当たり、好ましくは、第3の反射面M3および第4の反射面M4を、前記N字状のための配置にするN状態と、該N状態に対して線分ADを回転軸として180度回転させた配置にする状態(これを非N状態という)とを選択的に形成する反射面移動装置37をさらに具えた構成とするのが良い。

【0063】このような反射面移動装置37を具えた装置の場合、該装置を例えば以下のように使用することにより求まる。その原理は、上記の透過率測定の場合と同様である。

【0064】先ず、物体移動装置35により、被測定物★

$$R_s(\theta) = I_s(\theta) / I_r(\theta) \quad \dots (14)$$

により求まる。その原理は、上記の透過率測定の場合と同様である。

【0069】また、反射における位相変化 $\phi(\theta)$ は、上記の透過における位相変化を求めた方法に準じた方法★

$$\phi_s = \phi_1(\theta) - \phi_2(\theta) \quad \dots (15)$$

*られる入射角 θ に依存する出射光 L_2 の光量を、 $I_s(\theta)$ とすると、 $I_s(\theta)$ は、次の式で表せる。

【0057】

*同じである。そのため、入射角 θ を考慮した被測定物の透過率を、 $T_s(\theta)$ とすると、該 $T_s(\theta)$ は、以下の(12)式により求まる。

【0059】

★33を所定位置に挿入しない状態を形成する。然も、反射面移動装置37により、第3および第4の反射面M3、M4をN字状のための配置にする(図4(A))。そして、反射面回転装置31により第1および第4の反射面M1、M4を適正に回転させながら出射光 L_2 の強度(例えば光量 $I_r(\theta)$)を測定する(図4(B))。この処理を第1の処理とする。

【0065】次に、物体移動装置35により、被測定物33を所定位置に挿入した状態を形成する。然も、反射面移動装置37により、第3および第4の反射面M3、M4をN字状の位置から線分ADを軸に180度回転させた配置にする(図4(C))。そして、反射面回転装置31により第1および第4の反射面M1、M4を適正に回転させながら出射光 L_2 の強度(例えば光量 $I_s(\theta)$)を測定する(図4(D))。この処理を第2の処理とする。

【0066】ただし、第1の処理と第2の処理とは、いずれを先に実施しても良い。

【0067】なお、これら第1の処理および第2の処理をそれぞれ実施すると、第3および第4の反射面M3、M4は、N状態または非N状態になるように、反射面移動装置37によって移動される。しかし、この発明では第3および第4の反射面の構成や配置等を上記のごとく工夫してあるため、M3、M4をこのように移動しても、M3、M4の移動前後での光学系における光路長、焦点距離、収差等の光学的特性は変わらない。すなわち、光学的特性は、保存される。

【0068】次に、上記の第1の処理および第2の処理それぞれで測定した出射光強度に基づいて、入射角 θ を考慮した被測定物33の反射率 $R_s(\theta)$ を求める。この $R_s(\theta)$ は、

☆で求めることができる。すなわち、第2の処理で求める位相特性 $\phi_2(\theta)$ が反射における位相特性であること以外は、下記の(15)式により、反射における位相変化を求めることができる。

$$\dots (15)$$

【0070】(e) また、反射面移動装置37を具える好適例の光学特性測定ユニット30の場合、以下のように使用することで、基準物の反射率に対する被測定物の反射率(すなわち相対反射率)及び又は、基準物の反射における位相変化に対する、被測定物の反射における位相変化(これを、以下、「反射における相対位相変化」という)を測定することもできる。図5(A)および(B)は、その説明図である。

【0071】先ず、反射面移動装置37により、第3及び第4の反射面M3、M4を非N状態にする。然も、物体移動装置35により、基準物39を、第2および第3の反射面M2、M3間の所定位置(被測定物33を挿入する場合の位置)に挿入する(図5(A))。そして、反射面回転装置31により第1および第4の反射面M1、M4を適正に回転させながら出射光L2の強度(例えば光量 $I_r(\theta)$)を測定する(図5(A))。この処理を第1の処理とする。

【0072】次に、基準物39の代わりに被測定物33を挿入すること以外は、図5(A)を用いて説明したと同様にして、出射光L2の強度(例えば光量 $I_s(\theta)$)を測定する(図5(B))。この処理を第2の処理とする。

【0073】次に、これら第1および第2の処理それぞれで測定した出射光強度に基づいて、被測定物33の基準物39に対する相対反射率及び又は相対位相変化を測定する。ただし、この場合は、 $I_r(\theta)$ および $I_s(\theta)$ は、それぞれ基準物についてのものである。これらを用いること以外は、相対反射率は上記の(14)式により、また、相対位相変化は上記の(15)式により求めることが出来る。

【0074】なお、反射面移動装置を具えた構成とする場合、反射面移動装置として、図6に示したように、第4の反射面M4のみをN状態(図6(A)参照)および非N状態(図6(B)参照)に選択的に変化させる反射面移動装置37aを具え、そして、第3の反射面M3が前記非N状態にされた場合に相当する位置に、第3の反射面相当の第5の反射面M5を具える構成としても良い。

【0075】この場合、第3の反射面M3を移動させな*

$$\theta = \arccos \{ \cos \theta_o \cos \alpha \} \quad \dots (16)$$

このように θ が与えられる理由を、図8を参照して説明する。ただし、この図8において、Nは被測定面33aの法線ベクトル、 S_o は $\alpha=0$ (第1の反射面M1の初期状態)での被測定面33aへの入射光線のベクトル、Sは第1の反射面M1を線分ADを回転軸として、角度 α 回転させた時の被測定面33aへの入射光線のベクトルである。これら3つのベクトルはすべて単位ベクトルであるとする。また、 θ_o は、 $\alpha=0$ での被測定面33aへの入射角である。なお、図8では、計算を簡略化す*

$$N = (\sin \theta_o, 0, \cos \theta_o) \quad \dots (17)$$

*いで済む分、反射面移動装置37aの構成を簡単にすることができる。ただしこの場合、第3の反射面M3と第5の反射面M5との個体差の影響を受けやすくなるので、光学的特性をより保存したい場合は、第5の反射面M5を設けずに第3および第4の反射面M3、M4を移動する構成(図4を参照して説明した構成)の方が好ましい。

【0076】(f) なお、この発明の光学特性測定ユニットでは、入射光としてビーム径が小さいものを用いる場合、入射光のF値が大きい場合、および又は光学系全体が小さいため光路長が短い場合等は、第2および第3の反射面M2、M3それぞれを、回転楕円面で構成する代わりに、前記N字状の光路を含む平面に垂直な方向に曲率を持たない楕円円筒面、または、前記回転楕円面に近似な形状を持つ球面、または、前記回転楕円面に近似な形状を持つ円筒面で構成しても良い。ビーム径が小さい場合等は、入射角を変えても第1の反射面M1で反射された光は図2の楕円モデルの線上のどこかに入射される。すなわち、図2の紙面に垂直な方向への光の広がり*は少ない。そのため、第2および第3の反射面M2、M3を上記のような球面または円筒面で構成しても、M2、M3を回転楕円面で構成する場合と等価な光学系が実現できる。にもかかわらず、上記の球面や円筒面は、いずれも、回転楕円面に比べて、作製が容易であるので、例えば、光学特性測定ユニットのコスト低減を図ることができる。

【0077】(g) また、この発明の光学特性測定ユニットの発明を実施するに当たり、反射面回転装置31の代わりに、図7に示したように、第1および第4の反射面M1、M4を、入射点Aおよび出射点Dを結ぶ線分ADを回転軸として連動させて回転する反射面回転装置41(以下、第2の反射面回転装置41ともいう。)を具える構成としても良い。

【0078】この第2の反射面回転装置41を用いて、第1の反射面M1を線分ADを回転軸として角度 α (図7(B))回転させた場合の、被測定面33aへの光の入射角 θ は、以下の(16)式により表せる。

【0079】

*るため、ベクトル S_o の方向をz軸と定め、かつ、ベクトルSの移動する平面がyzとなるようにy軸を定めてある。このとき、法線ベクトルNは自動的にxz平面内にある。

【0080】ベクトルNの成分は以下の(17)式の通りであり、また、ベクトル S_o の成分は以下の(18)式の通りである。

【0081】

$$S = (0, \sin \alpha, \cos \alpha)$$

入射角 θ は、上記の各ベクトルの内積を使って以下の(19)式のように表すことができる。

[0082]

$$N \cdot S = |N| |S| \cos \theta \quad \dots (19)$$

ここで、 $|N| |S| = \cos \theta \cos \alpha$ 、 $|N| = 1$ 、 $|S| = 1$ であるので、これらを(19)式に代入し、かつ、該式を変形すると、上記の(18)式が得られる。

[0083] $\theta_0 = 10$ 度とすると、第1の反射面M1の回転角度 α を $0 \sim 90$ 度の範囲で変化させることにより、入射角 θ を $10 \sim 90$ 度の範囲で任意に変化させることができる。

[0084] この第2の反射面回転装置41を用いると、反射面回転装置31を用いる場合とは異なる光学特性測定ユニットを設計することができる。そのため、光学特性測定ユニットの設計自由度が向上する。

[0085] なお、第2の反射面回転装置41を用いる構成の場合も、第2の反射面M2が、入射点Aおよび光学系中心Oを焦点とする回転楕円面であるので、第1の反射面M1を回転させても、第1および第2の反射面M1、M2を経た反射光は、常に光学系中心Oを通過する。然も、点Aから、点Bを経て、光学系中心Oに至る光路長も、第1の反射面M1を回転させても、変化しない。また、この第2の反射面回転装置41の場合も、第1の反射面M1の回転に連動させて第4の反射面M4を回転させることができる。そして、第4の反射面M4の回転方向および回転量は、第4の反射面M4からの出射光L4が、第1の反射面M1への入射光と同軸になるように、設定することができる。

[0086] これらのことから、第2の反射面回転装置41を用いる構成の場合も、光路長、焦点距離、収差などの光学的特性を保存することができる。

[0087] (h) この第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットの場合も、第1および第4の反射面M1、M4の回転のさせ方が反射面回転装置31を具えた光学特性測定ユニットの場合と異なること以外は、反射面回転装置31を具えた光学特性測定ユニットについて説明した場合と同様にして、被測定物の透過率、透過における位相変化、反射率、反射における位相変化を測定できる。以下、簡単に説明する。

[0088] 図7(A)および(B)は、第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットで、透過率および又は透過における位相変化を測定する場合の説明図である。第2および第3の反射面M2、M3間に被測定物を挿入しない状態で出射光L2の強度を測定する(図7(A))。第2および第3の反射面M2、M3間の所定位置に被測定物33を挿入した状態で出射光L2の強度を測定する(図7(B))。これら測定で得た情報から、透過率および又は透過における位相変化を求め

... (18)

る原理は、反射面回転装置31を具えた光学特性測定ユニットの場合と同様であるので、その説明は省略する。

[0089] 図9(A)および(B)は、第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットで、絶対反射率および又は反射における位相変化を測定する場合の説明図である。第2および第3の反射面M2、M3間に被測定物を挿入しない状態で出射光L2の強度を測定する(図9(A))。第2および第3の反射面M2、M3間の所定位置に被測定物33を挿入した状態で、かつ、第3および第4の反射面をAD線を中心として図9

(A)の状態から180度回転させた状態で出射光L2の強度を測定する(図9(B))。これら測定で得た情報から、絶対反射率および又は反射における位相変化を求める原理は、反射面回転装置31を具えた光学特性測定ユニットの場合と同様であるので、その説明は省略する。

[0090] 図10(A)および(B)は、第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットで、相対反射率および又は相対位相変化を測定する場合の説明図である。

[0091] 第3および第4の反射面M3、M4を、N字状を構成する位置ではなく、該位置に対して線分ADを中心として180度回転させた位置(非N字状の位置)に、反射面回転装置31(図1参照)により、移動しておく。そして、基準物39を所定位置に置く(図10(A))。そしてこの状態で出射光L2の強度を測定する。次に、基準物の代わりに被測定物33を所定位置に置く。そして、この状態で出射光L2の強度を測定する(図10(B))。これら測定で得た情報から、相対反射率および又は反射における相対位相変化を求める原理は、反射面回転装置31を具えた光学特性測定ユニットの場合と同様であるので、その説明は省略する。

[0092] (i) なお、第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットの場合で、入射光のビーム径が小さい場合や、入射光のF値が大きい場合や、光学系全体が小さいために光路長が短い場合は、第2および第3の反射面M2、M3を回転楕円面で構成していた代わりに、後述する所定の円筒面で構成しても良い。これについて、図11を参照して詳細に説明する。

[0093] 第2の反射面回転装置41を用いた場合、第1の反射面M1を回転させた時の第2の反射面M2への光の入射点の軌跡は、図11(A)に網点模様で示したように、回転楕円面の短周に沿うようになる。然も、図11(B)に示したように、回転楕円面の、楕円成分が最も少ない部分に沿うようになる。すなわち、図11(C)に示したように、球面成分を持つ面に沿うようになる。したがって、M2に入る光線のビーム系が小さい場合等では、図11(D)に示したように、AD線を軸とする円筒面の一部で第2および第3の反射面M2、M

3それぞれを構成しても、本発明の作用・効果が得られる。

【0094】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照してこの発明の実施の形態について説明する。ただし、説明に用いる各図は、この発明を理解出来る程度に概略的に示してあるにすぎない。また、以下の説明に用いる各図では、同様な構成成分については、同一の番号を付して示す。そして、同様な構成成分の重複説明を省略することもある。

【0095】1. 第1の実施の形態

図12は、第1の実施の形態の光学特性測定ユニットを説明するための斜視図である。

【0096】この光学特性測定ユニットでは、基板51上に、第1～第4の反射面M1～M4を、これら反射面を経る光路がN字状となるように、配置してある。

【0097】第1および第4の反射面M1、M4それぞれを、平面鏡で構成してある。また、第2の反射面M2を、入射点Aと光学系中心Oとを焦点とする回転楕円面の一部で構成してある。また、第3の反射面M3を、光学系中心Oと出射点Dとを焦点とする回転楕円面の一部で構成してある。

【0098】また、第2および第3の反射面M2、M3それぞれを、基板51に固定してある。これに対し、第1および第4の反射面M1、M4それぞれは、基板51に固定していない。

【0099】この第1の反射面M1を、第1回転軸53の一端と接続してある。この第1回転軸53は、基板51の貫通孔51a通って基板51の裏面に至っている。この第1の回転軸53の他端を、第1ブリー55と接続してある。

【0100】また、第4の反射面M4を、第2回転軸57の一端と接続してある。この第2回転軸57は、基板51の貫通孔51b通って基板51の裏面に至っている。この第2の回転軸57の他端を、第2ブリー59と接続してある。

【0101】また、この光学特性測定ユニットは、回転手段として任意好適なモータ61を具えている。このモータ61のシャフト61aに、第3のブリー63および第4のブリー65を接続してある。モータとしては、例えばステッピングモータを用いることができる。

【0102】第3のブリー63と第1のブリー55とを、ベルト67により結合してある。第4のブリー65と第2のブリー59とを、ベルト69により結合してある。

【0103】この第1の実施の形態では、回転軸53、57と、各ブリー55、59、63、65と、モータ61とにより、反射面回転装置31を構成している。

【0104】また、この光学特性測定ユニットは、物体移動装置35を具える。この物体移動装置35は、被測定物（基準物の場合も含む）を、この発明でいう所定位

置に入れ出しする。この物体移動装置35は、任意好適な、移動機構で構成してある。

【0105】この第1の実施の形態の場合、モータ61を回転させると、この回転は、各ブリーと回転軸とにより第1および第4の反射面M1、M4に伝わる。そのため、この例の場合は、第1および第4の反射面M1、M4を、同一方向に、同一角度回転させることができる。

【0106】なお、第2の反射面M2を構成する回転楕円面と、第3の反射面M3を構成する回転楕円面とが同一の形状である場合、第1の反射面M1をφ回転させたことに対する第4の反射面M4の回転角度および回転方向は、第1の反射面M1と同じで済む。M2、M3の形状が異なる場合は、両者の形状の違いを考慮して、第4の反射面M4の駆動条件を決定する必要がある。

【0107】この図12に示した実施の形態の光学特性測定ユニットの場合、図3(A)および(B)を用いて説明した各処理が可能である。したがって、被測定物の透過率および又は透過における位相変化を測定することができる。

【0108】2. 第2の実施の形態

図13は、第2の実施の形態の光学特性測定ユニットを説明するための斜視図である。

【0109】第1の実施の形態では、第1および第4の反射面M1、M4を、最終的には、共通のモータ61に結合していた。これに対し、この第2の実施の形態では、第1および第2の反射面M1、M4それぞれを、別々のモータ71、73に結合してある。

【0110】この第2の実施の形態の場合、モータ71、73と回転軸53、57とで、反射面回転装置31を構成している。

【0111】この例の場合、モータ71、73を別々に駆動できるので、第1および第4の反射面M1、M4の回転方向および回転量をそれぞれ任意に制御できる。

【0112】なお、この場合、モータ73と回転軸57とからなる部分は、第4の反射面M4を線分ADを中心として180度移動させる反射面移動装置37の役割も担っている。

【0113】また、第1の実施の形態では、第3の反射面M3を基板51に固定していたが、この第2の実施の形態では、第3の反射面M3は基板51に固定していない。然も、第3の反射面M3は、反射面移動装置37によって、線分ADを中心として、180度回転移動できる構成としてある。

【0114】第3の反射面M3を移動するための反射面移動装置37は、任意好適な移動機構により構成してある。

【0115】この第2の実施の形態の光学特性測定ユニットの場合、図4(A)～(D)を参照して説明した各処理が行えるので、被測定物の絶対反射率および又は反射における位相変化を測定できる。

【0116】さらに、この第2の実施の形態の光学特性測定ユニットの場合、図5(A)および(B)を参照して説明した各処理が行えるので、被測定物の相対反射率および又は反射における相対位相変化を測定できる。

【0117】さらに、この第2の実施の形態の光学特性測定ユニットの場合、反射面移動装置37を用いないようにすれば、第1の実施の形態と同様、被測定物の透過率および又は透過における位相変化を測定できる。

【0118】したがって、この第2の実施の形態の光学特性測定ユニットによれば、①被測定物の絶対反射率および又は反射における位相変化、②被測定物の相対反射率および又は反射における相対位相変化、③被測定物の透過率および又は透過における位相変化を測定できる。

【0119】3. 第3の実施の形態

図14は、この発明の光学特性測定ユニットをエリブソメータに適用した例を説明する図である。

【0120】このエリブソメータは、この発明の光学特性測定ユニット30と、光源部81と、受光部83とを具える。

【0121】光源部81は、例えば、任意の波長の光を出力する光源(例えばモノクロメータ)81aと、偏光子81bとで構成できる。受光部83は、例えば、検光子83aと受光素子83bとで構成出来る。

【0122】光源部81からの光を、入射光L1として、第1の反射面M1に入射させる。受光部83は、第4の反射面M4の後段であって、AD線上に配置してある。

【0123】この図14に示したエリブソメータの場合、光源部81と光学特性測定ユニット30と、受光部83とが直線状に配置された構造のエリブソメータを実現できる。然も、ゴニオステージなどを用いずにエリブソメータを実現できる。

【0124】4. 第4の実施の形態

図15は、この発明の光学特性測定ユニットを、市販の分光光度計90に組み合わせる例を説明する図である。

【0125】分光光度計90は、光源部91と、測定部93とを具える。測定部93には、リファレンス光路とサンプル光路とが形成されている。光源部91は、リファレンス光路およびサンプル光路に交互に光を出力する。これら光を説明上、リファレンス光L_rおよびサンプル光L_sと呼ぶ。

【0126】この発明の光学特性測定装置30はサンプル光路中に配置される。受光部95は、リファレンス光L_rおよびサンプル光L_sを交互に受光する。

【0127】この実施の形態によれば、市販の分光光度計とこの発明の光学特性測定ユニットとにより、①被測定物の絶対反射率および又は反射における位相変化、②被測定物の相対反射率および又は反射における相対位相変化、③被測定物の透過率および又は透過における位相変化を測定できる。しかも、これら測定のいずれを行う

場合も、光学系の交換や、調整を特になく、目的の測定を行うことができる。

【0128】5. 第5の実施の形態

図16は、この発明の光学特性測定ユニットを、エリブソメータに適用した例であって、しかも、ダブルビーム方式を適用する例を説明する図である。

【0129】この実施の形態の装置では、光源部81と受光部83との間に、リファレンス光路101と、サンプル光路103とが形成されている。そして、リファレンス光路101およびサンプル光路103それぞれに、この発明の光学特性測定ユニット30を挿入してある。

【0130】光源部81から出た光は、第1チョッパミラー105により時間的に振り分けられる。そして、リファレンス光路101およびサンプル光路103を進む。

【0131】受光部83の前段に第2チョッパミラー107が設けてある。この第2チョッパミラー107は、リファレンス光路101を経てきたリファレンス光と、サンプル光路103を経てきたサンプル光とを、選択的に受光部83に入力する。

【0132】この実施の形態の装置によれば、ダブルビーム方式による測光が可能なエリブソメータが実現される。そのため、従来のエリブソメータに比べて測定精度の高いエリブソメータを実現することができる。

【0133】6. 第6の実施の形態

この発明の光学特性測定ユニットでは、第2および第3の反射面を回転楕円面又は、所定の球面、楕円円筒面若しくは円筒面(以下、これらを回転楕円面等という)で構成すると述べた。しかしこの発明では、例えば平面鏡又は球面鏡を回転楕円面等に相当するように移動させて使用する場合も、この発明でいう回転楕円面等に含まれる。これについて図17を参照して説明する。

【0134】図17では、第2の反射面M2および第3の反射面M3それぞれを、平面鏡または球面鏡で構成してある。そして、この平面鏡又は球面鏡M2を、第1の反射面M1を回転させた際のM1からの光線を受けることができ、かつ、この受けた光を光学系中心Oに射出できるように、第1の反射面M1の回転に同期させて移動する構成としてある。一方、この平面鏡又は球面鏡M3を、第2の反射面M2の移動に同期して移動し、かつ、この受けた光を第4の反射面のD点に射出できるように、移動する構成としてある。

【0135】この第6の実施の形態の場合、第2および第3の反射面M2、M3それぞれを平面鏡または球面鏡で構成できるので、回転楕円面を用いる場合に比べて、第2および第3の反射面自体を小型かつ安価にできる。ただし、この場合は、光線を追従できるように平面鏡又は球面鏡を駆動する機構が必要になる。

【0136】

【発明の効果】上述した説明から明らかなように、この発明の光学特性測定ユニットによれば、入射光を順に反射する所定配置および所定構成の第1～第4の反射面と、前記第1の反射面および前記第4の反射面を回転させる反射面回転装置と、被測定物を前記第2の反射面および第3の反射面間に入れ出しする物体移動装置とを具える。このため、光学系を交換することなく透過率および又は透過における光の位相変化を、入射角を変えながら測定出来る。

【0137】また、この発明の好適例の光学特性測定ユニットによれば、第3および第4の反射面を移動するための所定の反射面移動装置をさらに具える。このため、光学系を交換することなく、①透過率および又は透過における光の位相変化、②反射率および又は反射における光の位相変化、③相対反射率および又は相対位相変化の任意の光学特性を、入射角を変えながら測定出来る。

【0138】従ってこの発明の光学特性測定ユニットによれば、光学系の光学的特性や受光部の位置を変えずに、入射角を任意に変えながら透過率、反射率、透過や反射における光の位相変化を従来に比べて簡易に測定できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の光学特性測定ユニットの構成を説明する図である。

【図2】この発明の光学特性測定ユニットで被測定物への入射角を変えることが出来る理由を説明する図である。

【図3】この発明の光学特性測定ユニットを用いて、透過率および又は透過における光の位相変化を測定する場合の説明図である。

【図4】この発明の光学特性測定ユニットを用いて、絶対反射率および又は反射における光の位相変化を測定する場合の説明図である。

【図5】この発明の光学特性測定ユニットを用いて、相対反射率および又は反射における光の相対位相変化を測定する場合の説明図である。

【図6】この発明の光学特性測定ユニットの変形例の説明図である。

【図7】この発明の光学特性測定ユニットの他の変形例の説明図である。然も、第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットを用いて、透過率および又は透過における光の位相変化を測定する場合の説明図である。

【図8】第2の反射面回転装置41の作用を説明する図である。

【図9】第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットを用いて、絶対反射率および又は反射における光の位相変化を測定する場合の説明図である。

【図10】第2の反射面回転装置41を具えた光学特性測定ユニットを用いて、相対反射率および又は反射にお

ける光の相対位相変化を測定する場合の説明図である。

【図11】この発明で用いる第2および第3の反射面の変形例の説明図である。

【図12】第1の実施の形態の説明図である。

【図13】第2の実施の形態の説明図である。

【図14】第3の実施の形態の説明図である。

【図15】第4の実施の形態の説明図である。

【図16】第5の実施の形態の説明図である。

【図17】第6の実施の形態の説明図である。

【図18】従来の透過率測定装置の説明図である。

【図19】従来の絶対反射率測定装置の説明図である。

【図20】従来の相対反射率測定装置の説明図である。

【図21】従来のエリブソメータの説明図である。

【符号の説明】

M1：第1の反射面

M2：第2の反射面

M3：第3の反射面

M4：第4の反射面

M5：第5の反射面

A：入射点

D：出射点

O：光学系中心

30：光学特性測定ユニット

31：反射面回転装置

33：被測定物

33a：被測定面

35：物体移動装置

37, 37a：反射面移動装置

39：基準物

30 41：反射面回転装置（第2の反射面回転装置）

51：基板

51a, 51b：貫通孔

53：第1回転軸

55：第1ブーリ

57：第2回転軸

59：第2ブーリ

61, 71, 73：回転手段（例えばモータ）

61a：シャフト

63：第3ブーリ

40 65：第4ブーリ

67, 69：ベルト

81：光源部

81a：光源

81b：偏光子

83：受光部

83a：検光子

83b：受光素子

90：分光光度計

91：光源部

50 93：測定部

95: 受光部

101: リファレンス光路

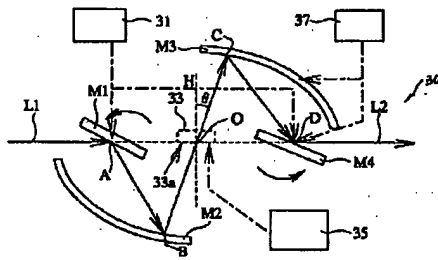
103: サンプル光路

* 105: 第1チョッパミラー

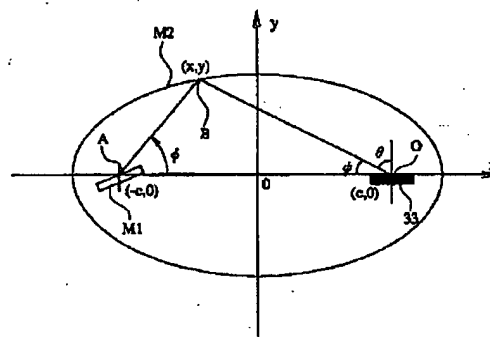
107: 第2チョッパミラー

*

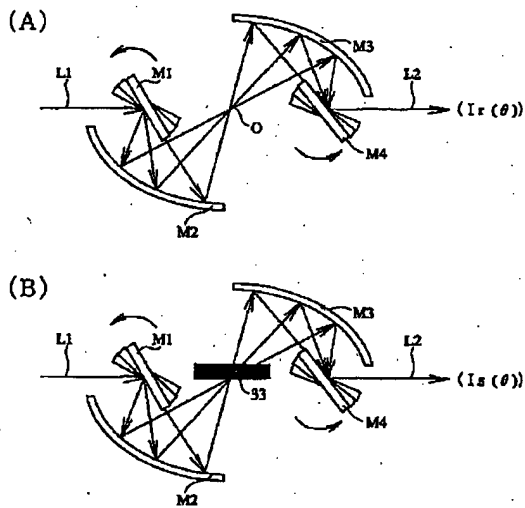
【図1】



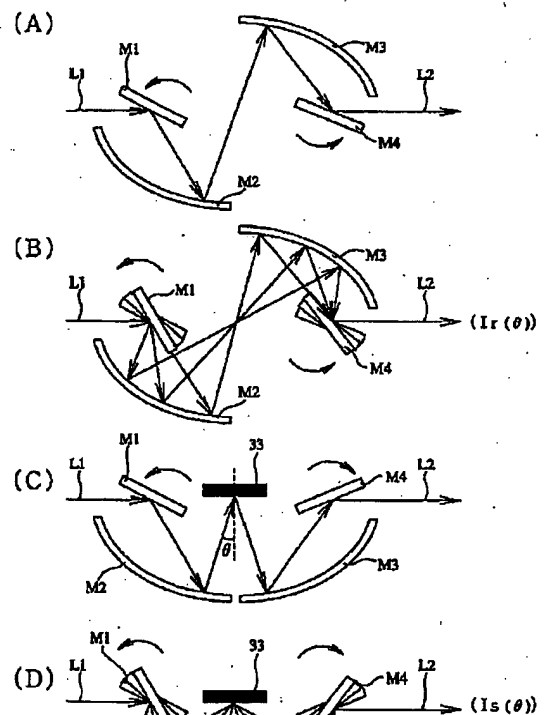
【図2】



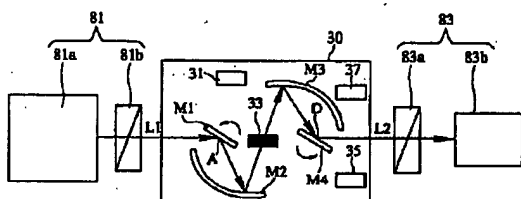
【図3】



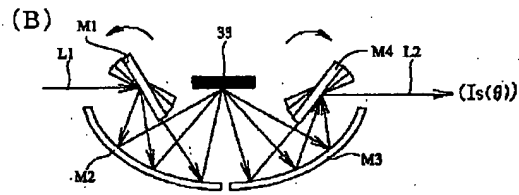
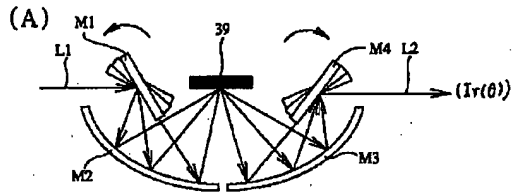
【図4】



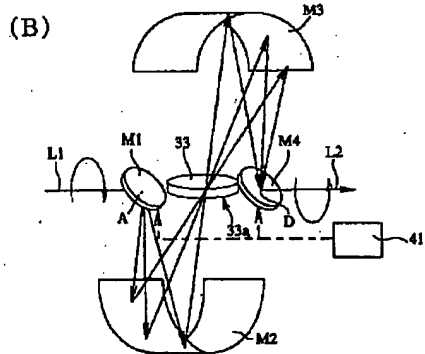
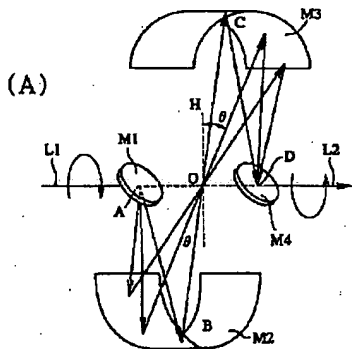
【図14】



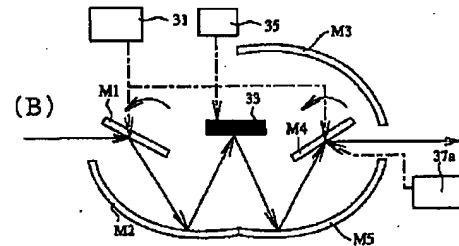
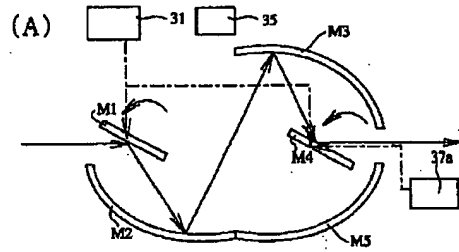
【図5】



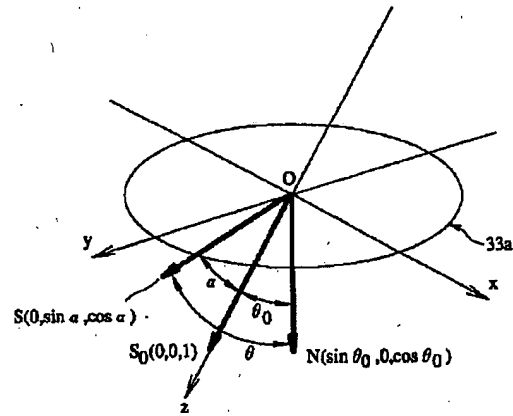
【図7】



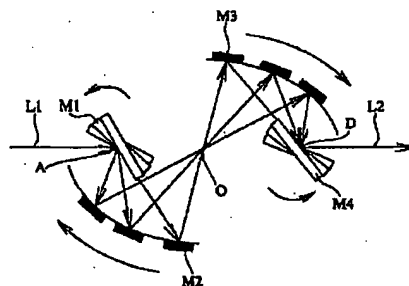
【図6】



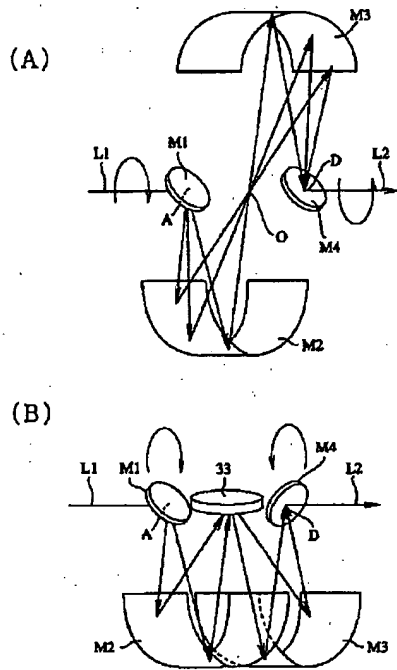
【図8】



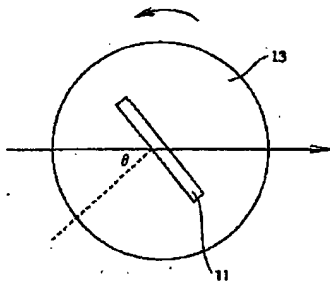
【図17】



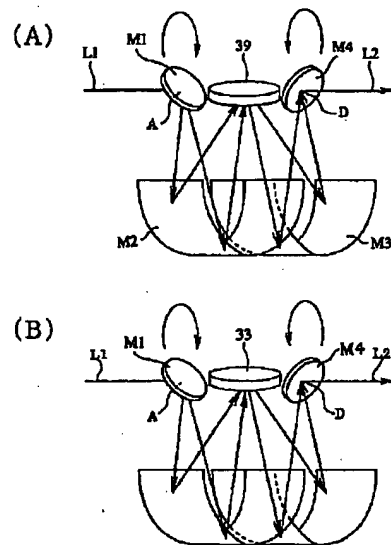
【図9】



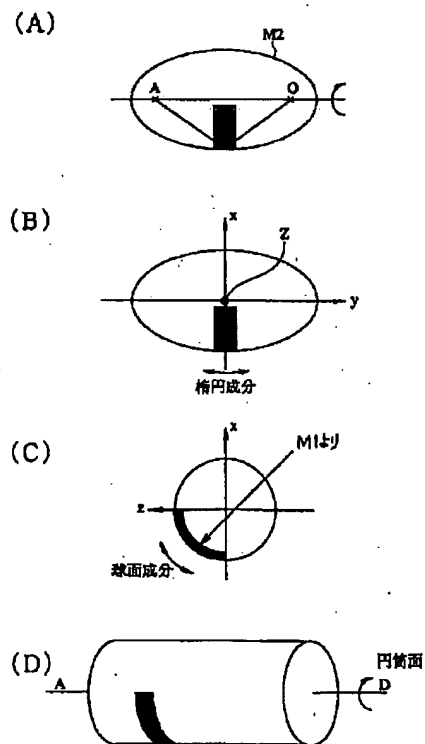
【図18】



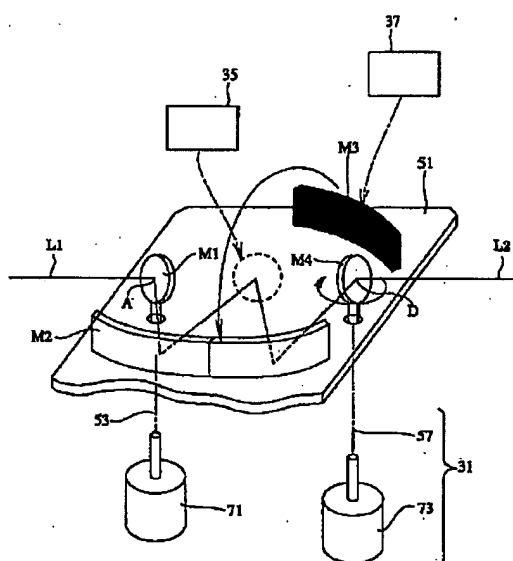
【図10】



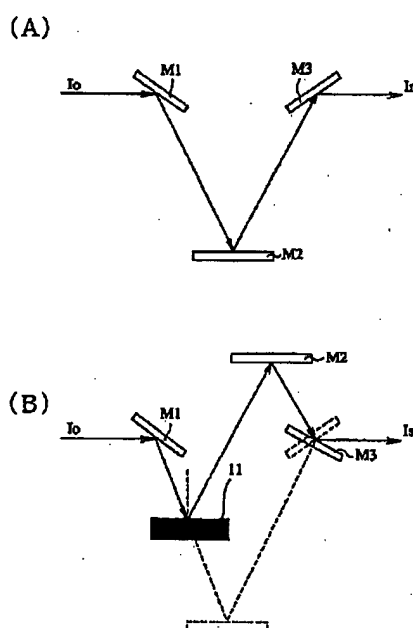
【図11】



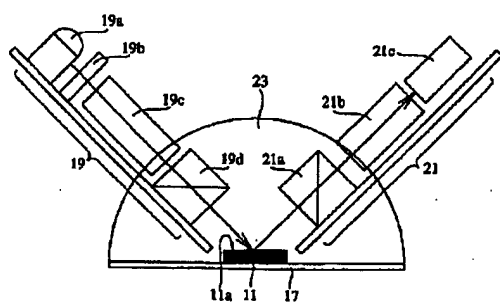
【圖 13】



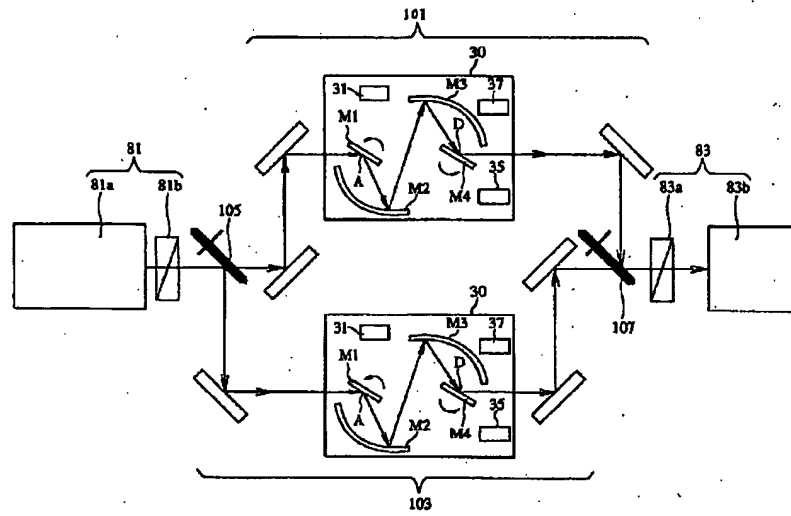
【圖 19】



【圖 21】



【図16】



【図20】

